

VPLYV ZMENY ROZMEROV VTOKOVEJ SÚSTAVY NA VZNIK OXIDICKÝCH BLÁN PRI ODLIEVANÍ HLINÍKOVÝCH ZLIATIN

DIMENSION CHANGE OF GATING SYSTEM AND ITS INFLUENCE ON OXIDE FILMS FORMATION BY ALUMINIUM ALLOYS POURING

R. KANTORÍK¹, D. BOLIBRUCHOVÁ², R. PASTIRČÁK³

ABSTRAKT: Článok sa zaoberá simuláciou a návrhom vtokovej sústavy pre jednoduchý odliatok dosky, pre ktorý bola navrhnutá rovnotlaková, pretlaková a podtlaková vtoková sústava s pretlakovým vtokovým kanálom. Simulačný výpočet bol uskutočnený v softvéri ProCast. Pomocou simulácie sa sledoval voľný povrch taveniny, ktorý bol vystavený účinkom atmosféry v dutine zlievarenskej formy.

ABSTRACT: This article deals with simulation and design of gating system for a simple casting of plate. For this casting was designed constant-pressure, overpressure and underpressure gating system with overpressure sprue. Simulation calculation was realized in software ProCast. Free surface of melt was observed with help of simulation which was exposed to effect of atmosphere in casting mould.

KEYWORDS: simulation, aluminium alloy, reoxidation

KLÚČOVÉ SLOVÁ: simulácia, hliníková zliatina, reoxidácia

1 ÚVOD

Oxidické blany, ako je dobre známe, spôsobujú narušenie súvislosti kovovej matrice, majú za následok zníženie mechanických vlastností odliatku a zhoršujú zabiehavosť. Oxidické blany sa dokážu sformovať už za 0,01 s a po 1 s majú hrúbku už 1 µm a po 10 s sú hrubé 10 µm. Preto je potrebné skrátiť čas styku taveniny s atmosférou na minimum alebo zabezpečiť, aby sa časti taveniny, ktoré boli v styku s atmosférou najdlhšie nevyskytovali v odliatku. Simulačný softvér ProCast ponúka možnosť sledovať voľný povrch taveniny, ktorý je vystavený účinkom atmosféry v dutine zlievarenskej formy, a tak sa stáva komplexnejším nástrojom pre sledovanie prúdenia taveniny v dutine formy. Funkcia JUNCTION sleduje voľný povrch taveniny, ktorý je v styku s atmosférou v dutine zlievarenskej formy. Pomocou tejto funkcie je možné predpokladať miesta, kde sa pravdepodobne budú vyskytovať oxidické blany. Simulácia tak pomáha optimalizovať vtokovú sústavu aj z hľadiska reoxidačných procesov.

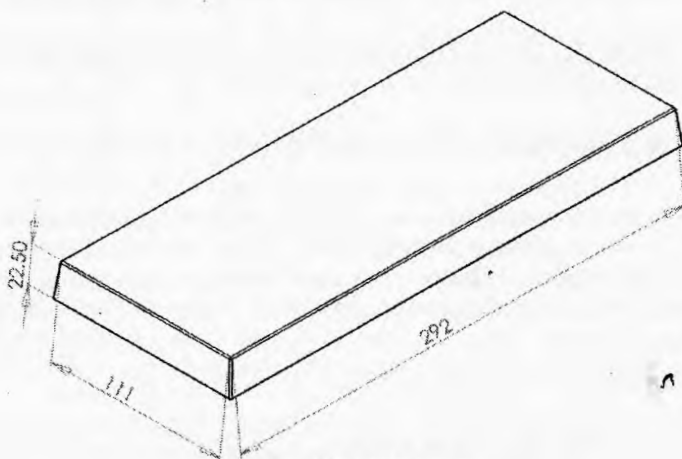
¹ Ing. Radoslav Kantorík – Katedra technologického inžinierstva, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline

² doc. Ing. Dana Bolibruchová, PhD. – Katedra technologického inžinierstva, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline

³ Ing. Richard Pastirčák, PhD. – Katedra technologického inžinierstva, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline

2 NÁVRH ODLIATKU

Odliatok, na ktorom sa pomocou simulácie sledoval voľný povrch taveniny, je znázornený na **Obr. 1**. Odliatok má jednoduchý tvar dosky, a preto bol zvolený ako experimentálny odliatok. Na jednoduchom odliatku je možné jednoduchšie predpokladať, ktoré časti prúdu boli vystavené najdlhšie pôsobeniu atmosféry v dutine formy.



Obr. 1 – Odliatok dosky.

3 VÝPOČET VTOKOVEJ SÚSTAVY

Vtoková sústava bola vypočítaná dvoma metódami, a to výpočtom podľa Soboleva a výpočtom podľa rýchlosti stúpania taveniny v dutine formy.

Prvý spôsob určil dobu liatia na **10 s** a druhý spôsob na **2 s**. Pomocou týchto dvoch výpočtových metód boli určené riadiace prierezy vtokových sústav. Pre každý druh výpočtu boli navrhnuté 3 vtokové sústavy, a to **rovnotlaková sústava**, **pretlaková sústava** a **podtlaková sústava s pretlakovým vtokovým kanálom**. Pomery prierezov jednotlivých častí vtokových sústav sú znázornené v **Tab. 1**.

Tab. 1 – Pomery prierezov jednotlivých častí vtokových sústav.

Vtoková sústava	Pomery prierezov $Sk : St : \sum Sz$
Rovnotlaková	1 : 1 : 1
Pretlaková	1,4 : 1,2 : 1
Podtlaková	1 : 2 : 4

Pozn.: Sk – prierez vtokového kanála, St – prierez odtroskovacieho kanála, Sz – prierez zárezov

4 SIMULÁCIA

Simulácia prebehla vo výpočtovom softvéri ProCast. Jednou z funkcií tohto simulačného programu je JUNCTION. Táto funkcia umožňuje sledovať voľný povrch taveniny, ktorý je vystavený pôsobeniu atmosféry v dutine zlievarenskej formy. Pri hliníkových zliatinách môže byť použitá na určenie miest, kde je najpravdepodobnejší výskyt oxidických blán, ktoré vznikli pri plnení zlievarenskej formy. Jednotkou tejto funkcie je $\text{cm}^2 \cdot \text{s}$. Tento údaj však kvantitatívne neurčuje množstvo vzniknutých oxidických blán ani presný čas a plochu, ktorá bola vystavená účinkom atmosféry v zlievarenskej forme, ale určí miesta v tavenine, ktoré boli najviac resp. najdlhšie vystavené pôsobeniu atmosféry v dutine formy. Čím je hodnota funkcie JUNCTION väčšia, tým

dlhší čas bola tavenina vystavená pôsobeniu atmosféry v dutine formy, a tým sa s väčšou pravdepodobnosťou budú v týchto miestach formovať oxidické blány.

Hodnoty indexu JUNCTION sa pohybovali, konkrétne pri dobe plnenia 10 s, v rozmedzí od 9 do 67 cm².s a pri čase odlievania 2 s, sa zistili hodnoty od 1 do 2 cm².s. Z toho je možné usúdiť, že čím dlhšia doba liatia tým väčší je aj index funkcie JUNCTION, a tým je aj väčšia pravdepodobnosť výskytu oxidických blán.

Z výpočtu podľa Soboleva bola zistená doba plnenia dutiny zlievarenskej formy 10 s, na základe tohto údaju bol určený riadiaci prierez vtokovej sústavy, ktorý bol 50,1 mm². Prierezy jednotlivých častí vtokových sústav boli vypočítané na základe pomerov prierezov z Tab. 1.

Na Obr. 2 je znázornená **rovnotlaková vtoková sústava**. Pomocou funkcie JUNCTION je vidieť miesta, ktoré boli najdlhšie vystavené pôsobeniu atmosféry v zlievarenskej forme, kde index vystúpil na hodnotu 67 cm².s, čo je spôsobené dlhou dobou liatia. Táto hodnota je vysoká v porovnaní s odliatkami odlievanými počas doby 2 s. Dochádzalo k pomalému plneniu dutiny formy, čo spôsobilo nárast tejto hodnoty. Počas plnenia dutiny formy bola veľká časť taveniny vystavená pôsobeniu s atmosférou formy.

Pre odliatok dosky bola navrhnutá aj **pretlaková vtoková sústava**, ktorá je na Obr. 3. Pri pretlakovej sústave sa index funkcie JUNCTION znížil na 9 cm².s, čo mohlo byť spôsobené zvýšenou rýchlosťou prúdu kovu, a tým k rýchlejšiemu plneniu zlievarenskej formy. Problémom však pri zvýšení rýchlosti prúdenia je nebezpečenstvo vzniku turbulencie. Turbulencia má za následok strhávanie už vzniknutých oxidických blán do dutiny formy.



Obr. 2 – Rovnotlaková vtoková sústava.



Obr. 3 – Pretlaková vtoková sústava.

Odliatok dosky odlievaný cez *podtlakovú vtokovú sústavu s pretlakovým vtokovým kanálom* je znázornený na **Obr. 4**. Index funkcie JUNCTION vystúpil na hodnotu $38 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$, ale iba v mieste prebehu roztaveného kovu v odtroskovacom kanáli, čo potvrdzuje správnosť funkcie odtroskovacieho kanála. Najviac znečistené je čelo prúdu taveniny a toto čelo je aj najdlhšie v styku s atmosférou v dutine zlievarenskej formy. Prvá časť prúdu taveniny, ktorá vstúpila do odtroskovacieho kanála zostala na konci prebehu kanála a nedostala sa do dutiny formy. V samotnom odliatku bola najvyššia hodnota indexu $15 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$. Samotná doska sa plnila pomaly a pokojne ale čelo prúdu taveniny, ktoré vošlo cez zárezy do dutiny formy bolo dlho vystavené pôsobeniu atmosféry vo forme. Ako posledná sa plnila časť odliatku pri zárezoch a v tomto mieste bola dosiahnutá najvyššia hodnota indexu JUNCTION.

Podľa rýchlosti stúpania taveniny v dutine formy bola určená doba liatia 2 s a na základe tohto času bola určená plocha riadiaceho prierezu $227,2 \text{ mm}^2$. Rozmery jednotlivých častí vtokových sústav boli rovnako určené na základe pomerov z **Tab. 1**. Pre túto dobu liatia boli zostrojené tiež 3 vtokové sústavy, ako v predchádzajúcom prípade.

Zo simulácie, pri ktorej bol odliatok dosky odlievaný *rovnotlakovou vtokovou sústavou*, sa zistil najvyšší index funkcie JUNCTION $0,99 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$ (**Obr. 5**). Hmotnostná odlievacia rýchlosť sa zvýšila z $0,256 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ na $1,16 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ a doba liatia sa znížila až 4,5-násobne. Čelo prúdu taveniny bolo vystavené pôsobeniu atmosféry v zlievarenskej forme kratší čas ako v predchádzajúcich prípadoch. Skrátением doby liatia sa znížila možnosť vzniku oxidických blán avšak sa zvýšila odlievacie rýchlosť, a tým sa zvýšilo riziko vzniku turbulencie, ktorá spôsobí strhnutie už vzniknutých oxidických blán. Tieto môžu byť potom transportované prúdom kovu až do dutiny formy.



Obr. 4 – Podtlaková vtoková sústava s pretlakovým vtokovým kanálom.



Obr. 5 – Rovnotlaková vtoková sústava.

Simulácia odlievania dosky cez **pretlakovú vtokovú sústavu** je znázornená na **Obr. 6**. Na základe tejto simulácie bola zistená hodnota funkcie JUNCTION $1 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$. Pri pretlakových vtokových sústavách sa rýchlosť prúdenia taveniny zvyšuje prechodom do jednotlivých častí vtokovej sústavy, tým rastie aj nebezpečenstvo vzniku turbulencie. Vplyvom turbulencie sa môžu objaviť oxidické blany aj v miestach, kde je hodnota funkcie JUNCTION nulová.

Poslednou simuláciou bola simulácia plnenia zlievarenskej formy cez **podtlakovú vtokovú sústavu s pretlakovým vtokovým kanálom**, kde sa zistila hodnota funkcie JUNCTION $1,8 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$ (**Obr. 7**). Plnenie dutiny formy prebiehalo pri nižších rýchlostiach prúdenia. Na obrázku je možné vidieť, že hodnota indexu funkcie JUNCTION bola najvyššia na čele prúdu, ktoré bolo najdlhšie vystavené pôsobeniu atmosféry v dutine zlievarenskej formy, pretože dochádzalo k pomalému plneniu dutiny formy.



Obr. 6 – Pretlaková vtoková sústava.



Obr. 7 – Podtlaková vtoková sústava s pretlakovým vtokovým kanálom.

5 ZÁVER

Na základe výsledkov získaných simuláciou sa zistilo, že pre daný odliatok je najvhodnejšia rovnotlaková alebo pretlaková vtoková sústava. Pri použití pretlakovej vtokovej sústavy je ale reálne nebezpečenstvo vzniku turbulencie v miestach, kde roztavený kov dosahuje najvyššiu rýchlosť, a to v zárezoch. Vplyvom turbulencie môžu byť oxidické blany transportované prúdom kovu aj do miest, ktoré mali hodnotu funkcie JUNCTION nulovú. Pri pomalom plnení zlievarenskej formy dochádza zase k dlhšiemu pôsobeniu atmosféry v dutine formy s taveninou, a tým k nebezpečenstvu vzniku oxidických blán. Pri rovnotlakovej vtokovej sústave zase dochádza k strhávaniu vzduchu vo

vtokovom kanáli a k vzniku oxidických blán, ktoré môžu byť ďalej unášané prúdom kovu až do dutiny formy.

Pre odliatok dosky plnený počas *10 s* je najvhodnejšia pretlaková vtoková sústava, pri ktorej bola hodnota JUNCTION najnižšia. Pri pretlakových vtokových sústavách je však zvýšená rýchlosť prúdenia, môže dôjsť k vzniku turbulencie, ktorá je tiež nežiadúca, pretože dochádza k unášaniu oxidických blán do celej dutiny formy.

Táto práca je súčasťou komplexu hodnotení a štúdiá reoxidačných procesov pri hliníkových zliatinách s ohľadom na vznik oxidických blán.

6 LITERATÚRA

- [1] BECHNÝ, L. – GEDEONOVÁ, Z. – MÄSIAR, H.: Teória zlievania., 1. vyd. ALFA Bratislava, 1990, s. 320. ISBN 80-05-00489-3.
- [2] MURGAŠ, M. – POKUSA, A. – POKUSOVÁ, M. – PODHORSKÝ, Š.: Teória zlievarenstva., 1. vyd. Vydavateľstvo STU Bratislava, s. 291. ISBN 80-227-1684-7
- [3] GEDEONOVÁ, Z.: Teória zlievarenských pochodov., 2. vyd. ALFA Bratislava, 1990, s. 360. ISBN 80-05-00491-5.

Táto práca vznikla v rámci riešenia grantového projektu KEGA č. 3/5197/07, KEGA č. 1/0684/08 a VEGA č. 1/4098/07.